

**Sinterpaste mit gecoateten Silberoxid auf schwer sinterbare edlen
und unedlen Oberflächen**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mischung, die mit einer organischen Verbindung beschichtete Metalloxidpartikel enthält, und ein Verfahren zum Verbinden von Bauelementen, bei dem diese Mischung eingesetzt wird. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Modul, das unter Verwendung der Mischung hergestellt wird sowie ein Verfahren zur Herstellung der beschriebenen Mischung.

Im Bereich der Leistungselektronik stellt das Verbinden von Bauelementen, wie LEDs oder sehr dünnen Siliziumchips, die eine hohe Druck- und Temperaturempfindlichkeit aufweisen, eine besondere Herausforderung dar. Aus diesem Grund werden solche druck- und temperaturempfindlichen Bauelemente häufig durch Kleben miteinander verbunden. Die Klebetechnik weist allerdings den Nachteil auf, dass damit Kontaktstellen zwischen den Bauelementen geschaffen werden, die nur eine unzureichende Wärmeleitfähigkeit bzw. elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Um dieses Problem zu lösen, werden die zu verbindenden Bauelemente häufig gesintert. Die Sintertechnik stellt ein sehr einfaches Verfahren zum stabilen Verbinden von Bauelementen dar, wobei das Verbinden unter Verwendung von Sinterpasten erfolgt.

US-B-7,766,218 beschreibt die Verwendung von Sinterpasten, welche zumindest teilweise mit Fettsäuren oder Fettsäurederivaten beschichtete Silberpartikel sowie ein flüchtiges Dispersionsmittel enthalten, um die Sinterung sowie die elektrische und thermische Leitfähigkeit zu verbessern.

WO-A-2011/026624 offenbart Sinterpasten, welche Metallpartikel, Metallprecursor, Lösungsmittel und Sinterhilfsmittel enthalten.

Gemäß der EP-A-2425920 wird den Sinterpasten wenigstens eine aliphatische Kohlenwasserstoffverbindung zugegeben, um eine niedrige Sintertemperatur zu gewährleisten.

In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass trotz der Verwendung verschiedener Sinterhilfsmittel die Sinterfähigkeit herkömmlicher Pasten oder Mischungen, insbesondere bei geringen Prozessdrücken, unzureichend ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Mischung, insbesondere eine Sinterpaste, bereitzustellen, welche es erlaubt auch schwer sinterbare Oberflächen, die

2

beispielsweise einen hohen Grad an Verunreinigungen aufweisen, stabil und guthaftend miteinander zu verbinden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Bereitstellen einer Mischung gelöst, die Metalloxidpartikel enthält, die mit einer organischen Verbindung beschichtet sind.

- 5 Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher eine Mischung enthaltend
- a) Metalloxidpartikel und gegebenenfalls Metallpartikel, wobei das Gewichtsverhältnis von Metallpartikel zu Metalloxidpartikel höchstens 3 zu 2 ist und
 - b) eine organische Verbindung, die durch die Formel I dargestellt ist:
- $$R^1-COR^2 \quad (I),$$

- 10 wobei R^1 ein aliphatischer Rest mit 8 bis 32 Kohlenstoffatomen ist und R^2 entweder $-OM$ ist oder die Struktur $-X-R^3$ aufweist, wobei X ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus O, S, N- R^4 , wobei R^4 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest, R^3 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest und M ein Kation ist.

- Ein häufig auftretendes Problem beim Verbinden metallischer Oberflächen mittels Sintern ist
- 15 eine mangelnde Anbindung des gesinterten Sintermaterials an die Oberfläche. So kommt es beispielsweise bei Oberflächen, die mit Verunreinigungen bedeckt sind oder bei Aluminiumoberflächen, die galvanisch versilbert wurden, nicht zu der gewünschten Anbindung des Sintermaterials an die Oberfläche, wodurch die Stabilität beispielsweise eines Moduls, das aus mehreren Bauelementen, die mit Hilfe von Sinterpasten verbunden sind, nicht mehr in
- 20 ausreichender Form gegeben ist. Neben der Stabilität wirkt sich die schlechte Verbindung der Bauelemente sowohl auf ihre elektrische als auch auf ihre Wärmeleitfähigkeit negativ aus.

- Es wurde überraschend gefunden, dass Mischungen, die Metalloxidpartikel enthalten, die eine organische Verbindung b) enthalten und insbesondere mit einer organischen Verbindung b) beschichtet sind, eine hervorragende Anbindung an Oberflächen aufweisen, die mit den im
- 25 Stand der Technik offenbarten Mischungen üblicherweise nicht in ausreichendem Maß versintert, insbesondere unter den gewünschten niedrigen Temperaturen nicht hinreichend versintert werden konnten. Dazu zählen, wie bereits erwähnt, beispielsweise Oberflächen, die mit kohlenstoffhaltigen Verbindungen bedeckt sind, also beispielsweise eine Schutzschicht aus einem organischen Polymer aufweisen.

Weiterhin ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bevorzugt, bei der die Metalloxidpartikel ganz oder teilweise mit der organischen Verbindung b) beschichtet sind.

Unter einer Beschichtung der Partikel wird erfindungsgemäß eine festhaftende Schicht auf der Oberfläche der Partikel verstanden. Unter einer festhaftenden Schicht versteht man, dass sich
5 die Schicht nicht bereits gravitationsbedingt von den Partikeln löst.

Die Mischung enthält Metalloxidpartikel. Als Metalloxide im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Verbindungen zwischen Metallen und Sauerstoff zu verstehen. Aufgrund der hohen Elektronegativitätsdifferenz zwischen dem Metall und dem Sauerstoff ist die Verbindung zwischen Metall und Sauerstoff meist ionischer Natur oder zumindest stark polarisiert. Das
10 Metall liegt also als Kation vor und weist nicht mehr die typischen metallischen Eigenschaften, wie eine hohe elektrische Leitfähigkeit und den metallischen Glanz auf. Bei den Metalloxidpartikeln im Rahmen der vorliegenden Erfindung beschränkt sich die Anwesenheit des Sauerstoffs nicht nur auf die Oberfläche des Metalls, es handelt sich also nicht um Metalle, die mit einer Oxidschicht bedeckt sind. Vielmehr liegt bevorzugt eine homogene Verteilung des
15 Sauerstoffs in der Verbindung vor. Dabei beträgt das molare Verhältnis von Sauerstoff zu Metall üblicherweise mindestens 1:2.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Metalloxid der Metalloxidpartikel ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kupferoxid, Silberoxid und Palladiumoxid.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Metalloxid der Metalloxidpartikel
20 Silberoxid.

Die erfindungsgemäße Mischung enthält gegebenenfalls Metallpartikel. Als Metalle im Sinne der Erfindung sind die chemischen Elemente zu verstehen, die sich im Periodensystem der Elemente links und unterhalb der Trennungslinie verlaufend von Bor bis Astat befinden. Das schließt die Elemente ein, die in der selben Periode wie Bor, aber links von Bor, in der selben
25 Periode wie Silizium, aber links von Silizium, in der selben Periode wie Germanium, aber links von Germanium und in der selben Periode wie Antimon, aber links von Antimon stehen sowie alle Elemente, die eine Ordnungszahl höher als 55 aufweisen. Metalle zeichnen sich durch eine hohe elektrische Leitfähigkeit, eine hohe Wärmeleitfähigkeit, Duktilität sowie einen besonderen Glanz, den metallischen Glanz, aus. Bei den Metallpartikeln im Rahmen der vorliegenden
30 Erfindung kann es sich auch um Partikel handeln, die aus mehreren Phasen bestehen. So können die Metallpartikel beispielsweise einen Kern aus wenigstens einer metallischen Phase umfassen, der mit wenigstens einer weiteren metallischen Phase beschichtet ist. Beispielsweise

seien hier mit Silber beschichtete Kupferpartikel genannt, die unter die erfindungsgemäße Definition der Metallpartikel fallen. Weiterhin kann die Metallbeschichtung auch auf einen nicht-metallischen Kern aufgebracht sein.

5 In einer alternativen Ausführungsform weisen die Metallpartikel zwei oder mehr verschiedene Metalle auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die Metallpartikel Metalle oder bestehen die Metallpartikel aus Metallen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Silber und Palladium.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Metallpartikel ebenfalls ganz oder teilweise mit der organischen Verbindung b) beschichtet.

Die erfindungsgemäße Mischung enthält Metalloxidpartikel und gegebenenfalls Metallpartikel, wobei das Gewichtsverhältnis von Metallpartikel zu Metalloxidpartikel höchstens 6:1, bevorzugt höchstens 4:1 oder vorzugsweise höchstens 3:2, weiter bevorzugt höchstens 1:1 und insbesondere höchstens 2:3, speziell höchstens 1:2 ist und wobei die Metalloxidpartikel und die 15 Metallpartikel, falls vorhanden, mit der organischen Verbindung b) bevorzugt beschichtet sind.

Bevorzugt ist das Gewichtsverhältnis von Metallpartikel zu Metalloxidpartikel in einem Bereich von 4:1 bis 1:10, bevorzugt von 2:1 bis 1:4, speziell bevorzugt von 2:1 bis 1:2 oder vorzugsweise von 3:2 bis 1:9, weiter bevorzugt 4:3 bis 1:4.

20 Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, in der das Gewichtsverhältnis von Metallpartikeln zu Metalloxidpartikeln höchstens 3:2 beträgt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Anteil der Metallpartikel an der Mischung kleiner als 30 Gew.-%, vorzugsweise kleiner als 10 Gew.-%, besonders bevorzugt kleiner als 2 Gew.-%, speziell zwischen 0,01 Gew.-% und 2,0 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.

25 Das Verhältnis von Metalloxidpartikeln, insbesondere mit einer organischen Verbindung b) beschichteten Metalloxidpartikeln, zu Metallpartikeln, insbesondere mit der Verbindung b) beschichteten Metallpartikeln, ist vorzugsweise so gewählt, dass die Sintereigenschaften der Mischung den individuellen Anforderungen des jeweiligen Prozesses angepasst sind. Dabei ist das Verhältnis abhängig von der Art des Sinterprozesses. Es wurde überraschend gefunden, 30 dass sich ein möglichst hoher Gehalt an, insbesondere mit einer organischen Verbindung

b) beschichteten, Metalloxidpartikeln vorteilhaft bei Sinterprozessen auswirkt, die unter erhöhtem Druck erfolgen. Bei Sintervorgängen unter Normaldruck hat sich dagegen gezeigt, dass sich durch die Beimischung von, insbesondere mit der organischen Verbindung b) beschichteten, Metallpartikeln zu den beschichteten Metalloxidpartikeln ein positiver Bindungseffekt erzielen lässt.

Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Anbindung der Mischung an eine Oberfläche und der Sinterfähigkeit der Mischung lassen sich erzielen, wenn das Metall der Metallpartikel und das Metall der Metalloxidpartikel das gleiche chemische Element sind. Bevorzugt ist dementsprechend eine Mischung in der beispielsweise Silberoxid zusammen mit Silber oder Kupferoxid mit Kupfer oder Palladiumoxid mit Palladium vorliegt.

Daher ist eine Ausführungsform bevorzugt, in der das Metall der äußersten Schicht der Metallpartikel ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Silber und Palladium, wobei bevorzugt Silber mit Silberoxid oder Kupfer mit Kupferoxid oder Palladium mit Palladiumoxid vorliegt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Hauptbestandteil der Metalle des Metallpartikels und des Metalloxidpartikels ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Silber, Kupfer und Palladium. Hauptbestandteil bedeutet, dass mindestens 50 Gew.-%, bevorzugt mindestens 70 Gew.-%, insbesondere mindestens 90 Gew.-% und speziell mindestens 97 Gew.-% beispielsweise 100 Gew.-% der jeweiligen Metalle in dem Metallpartikel und/oder dem Metalloxidpartikel vorliegen, wobei sich die Gewichtsangabe auf das Gesamtgewicht des Metallpartikels oder das Gesamtgewicht des Metalls des Metalloxidpartikels bezieht. Bevorzugt ist das Metall des Metallpartikels und das Metall des Metalloxids dasselbe Material.

Die Größe der Partikel in einer Mischung hat einen Einfluss auf die Eigenschaften der Mischung, wie etwa ihre Verarbeitbarkeit oder ihre Sinterfähigkeit. Unter Größe des Partikels ist erfindungsgemäß der durchschnittliche volumenbezogene Durchmesser des Partikels zu verstehen.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt die durchschnittliche Primärpartikelgröße der mit der organischen Verbindung b) beschichteten Metalloxidpartikel zwischen 0,1 bis 3,0 μm , vorzugsweise zwischen 0,3 bis 2,5 μm . Unter durchschnittlicher Primärpartikelgröße im Sinne der Erfindung ist die längste Ausdehnung eines Partikels zu verstehen, das heißt die Entfernung zwischen den beiden am weitesten voneinander entfernt liegenden Enden des Partikels. Zur Bestimmung der durchschnittlichen

Primärpartikelgröße wurden rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der erfindungsgemäßen Metalloxidpartikel bei einer Auflösung von 1:1000 gemacht und die Partikel vermessen. Der durchschnittliche Wert wurde aus 100 Messpunkten errechnet. Weiterhin bevorzugt liegen die mit der organischen Verbindung b) beschichteten Metalloxidpartikel in sphärischer Form vor. Es ist dem Fachmann jedoch klar, dass von den eingesetzten Partikeln herstellungsbedingt auch ein untergeordneter Anteil eine nicht-sphärische Form aufweisen kann.

Obwohl die beschichteten Metalloxidpartikel eine deutlich geringere Tendenz zur Agglomerierung zeigen, kann es aufgrund der Zusammensetzung der Mischung und der Natur der mit der organischen Verbindung b) beschichteten Metalloxidpartikel zu Agglomerationen der Partikel kommen, bei denen sich mehrere Partikel zu einem größeren Verbund zusammenlagern. Vorzugsweise weisen diese Agglomerate eine durchschnittliche Größe bis maximal 50 µm auf. Unter durchschnittlicher Größe im Sinne der vorliegenden Erfindung ist die maximale Ausdehnung eines Agglomerates zu verstehen, also die Entfernung zwischen den beiden am weitesten auseinander liegenden Endpunkten des Agglomerates. Die durchschnittliche Größe der Agglomerate wurde mit Hilfe von lichtmikroskopischen Aufnahmen der erfindungsgemäßen Agglomerate bestimmt, die eine Auflösung von 1:500 aufwiesen, die dann optisch vermessen wurden. Der Durchschnitt wurde aus 100 Messpunkten ermittelt. Besonders bevorzugt liegt die durchschnittliche Größe der Agglomerate zwischen 0,5 und 40 µm.

Vorzugsweise ist das Metalloxid Silberoxid. Es wurde überraschend gefunden, dass ein hoher Gehalt an mit der organischen Verbindung b) beschichteten Silberoxidpartikeln die Sintereigenschaften sowie die Anbindung an die Oberfläche signifikant verbessern. Daher enthält die Mischung in einer bevorzugten Ausführungsform Silberoxid in einer Menge oberhalb von 20 Gew.-%, bevorzugt von 30 bis 95 Gew.-%, insbesondere 60 bis 90 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.

Die Mischung enthält eine organische Verbindung b), die sich durch folgende Struktur (I) darstellen lässt:

R^1-COR^2 (I), wobei R^1 ein aliphatischer Rest mit 8 bis 32 Kohlenstoffatomen ist und R^2 entweder $-OM$ ist oder die Struktur $-X-R^3$ aufweist, wobei X ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus O, S, N- R^4 , wobei R^4 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest ist, und R^3 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest und M ein Kation ist.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist R^1 ein aliphatischer Rest mit 8 bis 32, vorzugsweise 10 bis 24, besonders bevorzugt 12 bis 18, Kohlenstoffatomen, der verzweigt oder unverzweigt sein kann und zusätzlich Heteroatome enthalten kann, und R^2 entweder $-OM$ oder die Struktur $-X-R^3$ aufweist, wobei X ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus O, S, N- R^4 ,
5 wobei R^4 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest ist, und R^3 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest ist und M ein Kation ist. Besonders bevorzugt ist X Sauerstoff (O) und insbesondere ist $R^3 = H$.

R^3 und/oder R^4 ist bevorzugt ein aliphatischer Rest mit 1 bis 32, vorzugsweise 10 bis 24 und insbesondere 12 bis 18 Kohlenstoffatomen, wobei der Rest linear oder verzweigt sein kann und
10 gegebenenfalls zusätzlich Heteroatome aufweisen kann.

Bei der organischen Verbindung b) handelt es sich bevorzugt um eine Verbindung, die aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Fettsäuren ($X = O$ und $R^3 = H$), Fettsäuresalzen ($M = \text{Kation}$) und Fettsäureestern besteht.

Die freien Fettsäuren, Fettsäuresalze und Fettsäureester sind vorzugsweise unverzweigt.

15 Ferner sind die freien Fettsäuren, Fettsäuresalze oder Fettsäureester vorzugsweise gesättigt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der organischen Verbindung um Monofettsäuren, Salze von Monofettsäuren oder Monofettsäureester.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die organische Verbindung b) eine C_8 - C_{30} -Fettsäure, bevorzugt eine C_8 - C_{24} -Fettsäure, weiter bevorzugt eine C_{12} - C_{18} -Fettsäure oder ein Derivat
20 hiervon.

Als Fettsäuresalze kommen vorzugsweise Salze in Betracht, deren anionische Komponente die deprotonierte Fettsäure darstellt, und deren kationische Komponente M aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Ammoniumionen, Monoalkylammoniumionen, Dialkylammoniumionen, Trialkylammoniumionen, Lithiumionen, Natriumionen, Kaliumionen, Kupferionen und
25 Aluminiumionen besteht.

Bevorzugte Fettsäureester leiten sich von den entsprechenden Fettsäuren ab, wobei Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylester bevorzugt sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die organische Verbindung aus der Gruppe ausgewählt, die aus Caprylsäure (Octansäure), Caprinsäure (Decansäure), Laurinsäure

(Dodecansäure), Myristinsäure (Tetradecansäure), Palmitinsäure (Hexadecansäure), Stearinsäure (Octadecansäure), Mischungen davon, sowie den entsprechenden Estern und Salzen sowie Mischungen davon, besteht.

- 5 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die organische Verbindung aus der Gruppe ausgewählt, die aus Laurinsäure (Dodecansäure), Stearinsäure (Octadecansäure), Natriumstearat, Kaliumstearat, Aluminiumstearat, Kupferstearat, Natriumpalmitat und Kaliumpalmitat sowie beliebige Mischungen hiervon besteht.

Die organische Verbindung b) ist weiter bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Oktansäure, Stearinsäure, Laurinsäure, Palmitinsäure und beliebige Mischungen hiervon.

- 10 Eine besonders bevorzugte Mischung stellt zum Beispiel eine Mischung aus Laurinsäure und Stearinsäure dar. Bevorzugt ist eine Mischung, in der Laurinsäure und Stearinsäure in einem Gewichtsverhältnis von 25 zu 75 vorliegen.

- Vorzugsweise sind die Metalloxidpartikel mit der organischen Verbindung b) ganz oder teilweise beschichtet. Es hat sich gezeigt, dass die beschichteten Metalloxidpartikel und/oder
15 gegebenenfalls Metallpartikel, insbesondere wenn sie mit Fettsäuren beschichtet sind, weniger stark agglomerieren und es somit weitestgehend vermieden werden kann, dass es zu einer Verklumpung der Metalloxidpartikel und gegebenenfalls der Metallpartikel in einem frühen Stadium während des Sintervorgangs kommt.

- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Mischung 0,3 bis 6,0 Gew.-%, vorzugsweise 0,5 bis 4,0 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,8 bis 2,5 Gew.-%, der organischen
20 Verbindung b), jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Mischung eine Paste, die ein Dispergiermittel c) umfasst.

- Unter Dispergiermittel c) werden erfindungsgemäß Substanzen verstanden, die andere
25 Substanzen auf physikalischem Wege zur Lösung oder Dispersion bringen können.

- Erfindungsgemäß kommen als Dispergiermittel c) die üblicherweise für Sinterpasten verwendeten Dispergiermittel in Betracht. Vorzugsweise werden als Dispergiermittel organische Verbindungen verwendet, die wenigstens ein Heteroatom tragen und 6 bis 24 Kohlenstoffatome, mehr bevorzugt 8 bis 20 Kohlenstoffatome, im speziellen 8 bis 14
30 Kohlenstoffatome, aufweisen.

Diese organischen Verbindungen können verzweigt oder unverzweigt sein. Bei dem Dispergiermittel c) handelt es sich bevorzugt um zyklische Verbindungen, insbesondere um cyclische und ungesättigte Verbindungen.

- 5 Ferner können die als Dispergiermittel verwendeten organischen Verbindungen gesättigte, einfach ungesättigte oder mehrfach ungesättigte Verbindungen sein.

Das wenigstens eine Heteroatom, das in den organischen Verbindungen, die als Dispergiermittel dienen können, enthalten ist, ist vorzugsweise aus der Gruppe ausgewählt, die aus Sauerstoffatomen und Stickstoffatomen besteht.

Das wenigstens eine Heteroatom kann Teil von wenigstens einer funktionellen Gruppe sein.

- 10 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem verwendeten Dispergiermittel um einen Alkohol.

Speziell bevorzugt sind monocyclische Monoterpen-Alkohole, wie beispielsweise Terpeneol, insbesondere α -Terpeneol.

- 15 Besonders bevorzugt liegt der Siedepunkt des Dispergiermittels unterhalb der Temperatur, die für die Sinterung der Pasten verwendet wird. Speziell bevorzugt liegt die Siedetemperatur des Dispergiermittels unterhalb von 240 °C, weiter bevorzugt unterhalb von 230 °C, insbesondere unterhalb von 220 °C.

- 20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Dispergiermittel c) ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus α -Terpeneol, β -Terpeneol, γ -Terpeneol, δ -Terpeneol, Mischungen der vorstehend genannten Terpeneole, N-Methyl-2-pyrrolidon, Ethylenglycol, Dimethylacetamid, 1-Tridecanol, 2-Tridecanol, 3-Tridecanol, 4-Tridecanol, 5-Tridecanol, 6-Tridecanol, Isotrizecanol, dibasische Ester, vorzugsweise Dimethylester der Glutar-, Adipin- oder Bernsteinsäure oder Mischungen davon, Glycerin, Diethylenglycol, Triethylenglycol oder Mischungen hiervon.

- 25 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden als Dispergiermittel vorzugsweise aliphatische Kohlenwasserstoffverbindungen eingesetzt. Dabei können die aliphatischen Kohlenwasserstoffe aus gesättigten Verbindungen, einfach oder mehrfach ungesättigten Verbindungen sowie Mischungen davon bestehen. Vorzugsweise bestehen die aliphatischen Kohlenwasserstoffverbindungen aus gesättigten Kohlenwasserstoffverbindungen, wobei diese
30 zyklisch oder azyklisch sein können, wie beispielsweise n-Alkane, Isoalkane, Cycloalkane oder

Mischungen davon. Die aliphatischen Kohlenwasserstoffverbindungen können beispielsweise durch die Formeln C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} und C_nH_{2n-2} dargestellt werden, wobei n eine ganze Zahl zwischen 5 und 32 ist. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die aliphatischen Kohlenwasserstoffverbindungen, die als Dispergiermittel eingesetzt werden können, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Hexadecan, Octadecan, Isohexadecanen, Isooctadecanen, Cyclohexadecanen und Cyclooctadecanen.

Das Dispergiermittel c) ist verschieden von der organischen Verbindung b), insbesondere ist das Dispergiermittel c) keine organische Verbindung, die unter die Definition der organischen Verbindung b) fällt.

- 10 Das Dispergiermittel liegt üblicherweise in einer Menge von 6 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise, 8 bis 25 Gew.-%, speziell 10 bis 20 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der erfindungsgemäßen Mischung, vor.

- 15 Durch Art und Menge des Dispergiermittels lassen sich die Fließeigenschaften der Sinterpasten einstellen. Sinterpasten werden bevorzugt in Druckverfahren auf die zu versinternden Bauteile aufgetragen.

- Es wurde überraschend gefunden, dass sich die erfindungsgemäße Mischung besonders gleichmäßig im Druckverfahren aufbringen lässt, wobei eine glatte Oberfläche entsteht. Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Mischung lässt sich eine besonders gleichmäßige Schicht erzeugen, die keine Aufwölbungen an den Seiten aufweist, wie es bei der Verwendung von
- 20 herkömmlichen Sinterpasten üblich ist.

Ebenfalls wurde überraschend gefunden, dass der Zusatz von organischen Polymeren, welche Sauerstoffatome aufweisen, die Sinterfähigkeit weiter steigert.

- Daher umfasst die erfindungsgemäße Mischung in einer bevorzugten Ausführungsform ein Polymer, welches Sauerstoffatome aufweist. Besonders bevorzugt ist ein Polymer, in dem der Sauerstoff als Ether und/oder Hydroxid gebunden vorliegt. Weiterhin bevorzugt ist ein Polymer, das Alkoxyatgruppen, insbesondere Ethoxyat und/oder Methoxyatgruppen aufweist.
- 25

Geeignete Polymere sind beispielsweise Polysaccharide, wie beispielsweise Cellulosen, die vorzugsweise chemisch modifiziert sind, beispielsweise alkoxyliert oder alkylcarboxyliert werden.

Als besonders geeignete Polymere haben sich Cellulosederivate, beispielsweise veretherte Cellulose herausgestellt. Vorzugsweise weisen die Cellulosederivate einen Substitutionsgrad von 2,0 bis 2,9, bevorzugt zwischen 2,2 und 2,8, auf. Der Substitutionsgrad gibt die durchschnittliche Zahl der chemisch modifizierten, insbesondere veretherten Hydroxygruppen pro Glukoseeinheit an. Speziell bevorzugt ist Ethylcellulose. Diese weist bevorzugt einen

5 Ethoxygehalt von 43,0% bis 53,0%, besonders bevorzugt von 47,5% bis 50%, insbesondere von 48,0% bis 49,5%, auf, jeweils bezogen auf den die Anzahl der Hydroxygruppen, wobei ein vollständig substituiertes Derivat einen Ethoxygehalt von 54,88% aufweisen würde.

Vorzugsweise weist das Cellulosederivat eine Viskosität von 60 bis 120 cps, bevorzugt 90 bis

10 115 cps, besonders bevorzugt 85 bis 110 cps, auf. Dabei wurde die Viskosität mit Hilfe einer Mischung bestimmt, die aus 80 Gew.-% Toluol und 20 Gew.-% Ethanol bestand, gemäß ASTM D914, unter Verwendung eines Hercules Horizontalkapillar Viskosimeter bei 25 °C.

Vorzugsweise ist das Polymer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Methylcellulose, Ethylcellulose, Ethylmethylcellulose, Carboxycellulose, Hydroxypropylcellulose,

15 Hydroxyethylcellulose, Hydroxymethylcellulose oder Mischungen hiervon.

Es wird angenommen, dass Ethylcellulose die Sinterfähigkeit der Paste durch eine optimierte Umwandlung der organischen Verbindung zu Kohlenmonoxid noch weiter verbessert.

Vorzugsweise enthält die erfindungsgemäße Mischung 0,05 bis 2,0 Gew.-%, weiter bevorzugt 0,1 bis 0,8 Gew.-% und besondere bevorzugt 0,2 bis 0,5 Gew.-% des Sauerstoff enthaltenden

20 Polymers, insbesondere des Cellulosederivats, wobei die Gewichtsangaben jeweils bezogen sind auf das Gesamtgewicht der Mischung.

Darüber hinaus können in der erfindungsgemäßen Mischung weitere Inhaltsstoffe, wie zum Beispiel übliche Tenside, Entschäumer, Bindemittel oder viskositätssteuernde Mittel, enthalten sein. Bevorzugt können die Mischungen Benetzungsmittel enthalten.

25 Die weiteren Inhaltsstoffe werden üblicherweise in einer Menge bis zu 0,01 Gew.-%, vorzugsweise von 0,001 bis 0,01 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der erfindungsgemäßen Mischung, zugesetzt.

Bevorzugt weist die erfindungsgemäße Mischung im Wesentlichen kein Glas, insbesondere keine Glasfritte auf. Typische Bestandteile einer Glasfritte sind Bleioxid, Bismutoxid, Alkali- und

30 Erdalkalioxid, Telluroxid und dergleichen.

Im Wesentlichen in diesem Zusammenhang bedeutet, dass der Anteil an Glas in der Mischung vorzugsweise weniger als 2 Gew.-%, bevorzugt weniger als 1 Gew.-%, speziell weniger als 0,1 Gew.-%, beispielsweise 0 Gew.-%, beträgt, wobei die Gewichtsangaben jeweils auf das Gesamtgewicht der Mischung bezogen sind.

- 5 Daher ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischung bevorzugt, bei der der Anteil an Glas in der Mischung weniger als 2 Gew.-%, bevorzugt weniger als 0,5 Gew.-%, insbesondere 0,0 bis 0,3 Gew.-%, beträgt, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.

- 10 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Verbinden eines Bauteils oder Moduls mit einem Substrat unter Verwendung der erfindungsgemäßen Mischung.

Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren zum Verbinden eines Bauelements mit einer ersten Oberfläche auf einem Substrat mit wenigsten einer zweiten Oberfläche die folgenden Schritte:

- 15 a) Kontaktieren des Bauelements über die erste Oberfläche mit dem Substrat über wenigstens eine zweite Oberfläche mit der erfindungsgemäßen Mischung, wobei sich die Mischung zwischen der ersten Oberfläche des Bauelements und der zweiten Oberfläche des Substrates befindet, unter Erhalt eines Aufbaus und
- b) Erhitzen des Aufbaus.

- 20 Vorzugsweise werden Schritt a) und b) so oft wiederholt, bis der gewünschte Aufbau erreicht ist. So können beispielsweise durch sukzessives und/oder synchrones Verbinden mehrerer gleicher oder unterschiedlicher Bauteile Module hergestellt werden.

- 25 Erfindungsgemäß wird unter dem Verbinden von wenigstens einem Bauelement auf einem Substrat das Befestigen von einem Bauelement auf der Oberfläche eines Substrates verstanden. In diesem Zusammenhang bedeutet „auf“ lediglich, dass eine Oberfläche des ersten Bauelements mit einer Oberfläche des Substrates verbunden ist, wobei es auf die relative Lage der beiden Oberflächen oder der Anordnung, die die zu verbindenden Oberflächen enthält, nicht ankommt.

Ein Bauelement im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann sowohl ein einzelnes Teil sein, das nicht weiter zerlegbar ist, als auch mehr als ein Teil umfassen, wobei die Teile vorzugsweise nicht weiter zerlegbar sind. Der Begriff Bauelement im Sinne der Erfindung

umfasst außerdem Module, die aus mehreren Teilen, die untereinander verbunden sein können, besteht.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Bauelement über eine seiner Oberflächen mit einer Oberfläche des Substrates in Kontakt
5 gebracht, wobei das Kontaktieren über die erfindungsgemäße Mischung erfolgt. Dabei kann sowohl das Substrat als auch das Bauelement mehr als eine Oberfläche aufweisen. Vorzugsweise wird eine Anordnung bereit gestellt, bei der sich zwischen der Oberfläche des Bauelementes und der Oberfläche des Substrates die erfindungsgemäße Mischung befindet.

Gemäß dem vorliegenden Verfahren können auch mehrere Bauelemente und Substrate
10 miteinander verbunden werden. Beispielsweise können ein Substrat und zwei Bauelemente, Bauelement 1 und Bauelement 2, so miteinander verbunden werden, dass das Substrat und das Bauelement 1 und das Bauelement 1 und das Bauelement 2 verbunden werden. Dabei befindet sich die erfindungsgemäße Mischung vorzugsweise sowohl zwischen dem Substrat und dem Bauelement 1 als auch zwischen Bauelement 1 und Bauelement 2. Erfindungsgemäß
15 vorgesehen ist, dass das Substrat und die einzelnen Bauelemente in einer Sandwichstruktur vorliegen und miteinander verbunden werden.

Unter Sandwichanordnung ist erfindungsgemäß eine Anordnung zu verstehen, bei der sich die Oberflächen zweier Bauelemente oder eines Bauelements und eines Substrats übereinander befinden und im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

20 Die Anordnung aus wenigstens einem Bauelement, einem Substrat und einer Mischung, wobei sich die Mischung zwischen einem Bauelement und einem Substrat dieser Anordnung befindet, kann nach einem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren hergestellt werden.

Vorzugsweise wird zunächst wenigstens eine Oberfläche eines Substrates mit der erfindungsgemäßen Mischung versehen. Anschließend wird ein Bauelement mit einer seiner
25 Oberflächen auf die Mischung, die auf die Oberfläche des Substrates aufgetragen worden ist, aufgesetzt.

Die Auftragung der Mischung auf die Oberfläche eines Substrates oder Bauelements kann mittels herkömmlicher Verfahren erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Auftragung der Mischung mittels Druckverfahren, so zum Beispiel mittels Siebdruck oder Schablonendruck. Andererseits
30 kann die Auftragung der Mischung auch mittels Dispenstechnik, mittels Spraytechnik, mittels Jet-Technik, mittels Pintransfer oder durch Tauchen erfolgen.

Im Anschluss an die Auftragung der Mischung wird vorzugsweise die mit der Mischung versehene Oberfläche dieses Bauelements oder Substrates mit einer Oberfläche des damit zu verbindenden Bauelements über die Mischung in Kontakt gebracht. Somit befindet sich zwischen den zu verbindenden Bauelementen eine Schicht der Mischung.

- 5 Unter Substrat wird erfindungsgemäß eine Unterlage oder Grundlage verstanden. Auf dieser Unterlage können beispielsweise Bauelemente befestigt werden. Beispielsweise kann ein Substrat im Sinne der Erfindung eine Unterlage sein, auf der Halbleiterchips zur Kontaktierung ihrer Anschlüsse befestigt werden, beispielsweise eine Leiterplatte. Weiterhin kann unter einem Substrat im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Aufbau aus mehreren Bauelementen
10 verstanden werden, der als Unterlage für weitere Bauelemente dient.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält wenigstens eine der Oberflächen wenigstens ein Metall, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Nickel, Gold, Aluminium und Silber.

- In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Metall der wenigstens einen
15 Oberfläche Silber.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, in der die wenigstens eine Oberfläche wenigstens ein Metall umfasst oder aus diesem besteht, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Nickel und Aluminium.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens beträgt der Anteil des wenigstens einen
20 Metalls in dem Volumen, das durch das Produkt der wenigstens einen Oberfläche und einer Tiefe von 1 µm gebildet wird mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 90 Gew.-%, insbesondere 100 Gew.-%, beträgt, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Metalle in dem Volumen.

- In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist wenigsten eine der Oberflächen, über die
25 die Kontaktierung erfolgt, ganz oder teilweise mit einer kohlenstoffhaltigen Verbindung bedeckt. Besonders bevorzugt ist die kohlenstoffhaltige Verbindung ein Polymer. Dabei kann es sich beispielsweise um kohlenstoffhaltige Verunreinigungen handeln, die sich während früherer Prozessschritte auf der Oberfläche abgelagert haben. Es wurde überraschend gefunden, dass unter Verwendung der erfindungsgemäßen Mischung auch solche Oberflächen mit einem
30 guten Halt verbunden werden können, die diese kohlenstoffhaltigen Verunreinigungen aufweisen. Bei der Verwendung von Mischungen gemäß dem Stand der Technik konnte auf

solchen Oberflächen keine Anbindung erzielt werden. Die Oberflächen mussten erst von der kohlenstoffhaltigen Verbindung gereinigt werden, bevor sie miteinander verbunden werden konnten. Dieser Reinigungsschritt entfällt bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Mischung, was nicht nur den Prozessablauf beschleunigt sondern auch einen ökonomischen
5 Vorteil darstellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt im Anschluss an das Auftragen der Mischung auf die Oberfläche ein Trocknungsschritt.

Unter Trocknung wird vorzugsweise eine Verringerung eines Anteils des Dispergiermediums in der Mischung verstanden.

10 Die Trocknung kann einerseits nach der Herstellung der Anordnung, also nach der Kontaktierung der zu verbindenden Bauelemente oder des Bauelements und des Substrates erfolgen. Andererseits kann die Trocknung aber auch unmittelbar nach dem Auftragen der Mischung auf wenigstens eine der Oberflächen des Bauelements oder Substrates und vor der Kontaktierung mit dem zu verbindenden Element erfolgen.

15 Die Trocknungstemperatur liegt vorzugsweise im Bereich von 50 – 160 °C.

Es versteht sich, dass die Trocknungszeit abhängig ist von der jeweiligen Zusammensetzung der Mischung und der Größe der zu sinternden Anordnung. Übliche Trocknungszeiten liegen im Bereich von 5 - 45 Minuten.

Vorzugsweise erfolgt die Trocknung in einer Stickstoffatmosphäre. Besonders bevorzugt weist
20 die Stickstoffatmosphäre dabei einen Sauerstoffgehalt auf, der unterhalb von 50 ppm, vorzugsweise unterhalb von 20 ppm, besonders bevorzugt unterhalb von 5 ppm, liegt, wobei sich die ppm-Werte auf Masseteile beziehen.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der unter Schritt a) erhaltene Aufbau erhitzt. Vorzugsweise ist das Erhitzen ein Sintern.

25 Die erfindungsgemäße Mischung ist sinterbar. Unter Sintern wird vorzugsweise das Verbinden von einem oder mehreren Bauelementen und einem Substrat oder das Verbinden von zwei oder mehr Bauelementen durch Erhitzen unter Umgehung der flüssigen Phase verstanden. Das Sintern erfolgt somit als Diffusionsprozess.

Vorzugsweise erfolgt das Sintern nachdem die Oberflächen des Bauelements und des Substrats über die Mischung kontaktiert wurden. Nach dem Sintern kann das Bauelement oder das Substrat mit einem weiteren Bauelement verbunden werden. In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Sintern nach der Herstellung des fertigen Aufbaus. Es werden
5 vorzugsweise mehr als eine Kontaktstelle gleichzeitig gesintert.

Das Erhitzen des Aufbaus erfolgt vorzugsweise derart, dass eine elektrisch leitende und wärmeleitende Verbindung zwischen der Oberfläche des Bauelements und der Oberfläche des Substrates sowie zwischen den Oberflächen der Bauelemente entsteht. Weiterhin bevorzugt erfolgt das Erhitzen derart, dass eine mechanisch stabile Verbindung entsteht.

10 Vorzugsweise erfolgt das Erhitzen bei Temperaturen zwischen 150 °C und 300 °C, vorzugsweise zwischen 200 °C und 250 °C. Es wurde überraschend gefunden, dass durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Mischungen das Erhitzen bei niedrigeren Temperaturen als im Stand der Technik allgemein erforderlich vorgenommen werden konnte.

Der Prozessdruck liegt dabei vorzugsweise im Bereich von 30 MPa oder weniger und 0 MPa
15 oder mehr, bevorzugt im Bereich von 5 MPa oder mehr und 25 MPa oder weniger.

Unter Prozessdruck im Sinne der vorliegenden Erfindung ist der Druck zu verstehen, der zusätzlich zum Atmosphärendruck auf die Probe ausgeübt wird. Das Erhitzen bei einem Prozessdruck von 0 MPa bedeutet demnach, dass das Erhitzen ohne die Ausübung eines zusätzlichen Drucks erfolgt, also bei Atmosphärendruck.

20 Das Erhitzen kann jedoch auch ohne jegliche Anwendung von Prozessdruck, also bei einem Prozessdruck von 0 MPa durchgeführt werden. Die Zeit ist abhängig vom Prozessdruck und liegt vorzugsweise im Bereich von 2 bis 60 Minuten.

Das Erhitzen kann in einer Atmosphäre erfolgen, die nicht weiter eingeschränkt ist. Vorzugsweise wird das Erhitzen jedoch in einer Atmosphäre durchgeführt, die Sauerstoff
25 enthält.

Das Erhitzen wird in einer herkömmlichen, geeigneten Vorrichtung durchgeführt, in der sich vorzugsweise die vorstehend beschriebenen Prozessparameter einstellen lassen.

Es wurde überraschend gefunden, dass beim Sintern unter zusätzlichem Druck ein höherer Anteil an Metalloxid in der Mischung zu einer besseren Anhaftung führt. In einer bevorzugten
30 Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist die Mischung daher 60 bis 95

Gew.-% Metalloxidpartikel, insbesondere Silberoxidpartikel, die mit der organischen Verbindung b) vorzugsweise beschichtet sind, auf und bei der das Erhitzen, vorzugsweise Sintern, des Aufbaus bei einem Prozessdruck von 5 bis 20 MPa, vorzugsweise 7 bis 15 MPa, erfolgt. Die Menge der Metalloxidpartikel bezieht sich dabei auf das Gesamtgewicht der Mischung.

- 5 Außerdem wurde überraschend gefunden, dass bei Sintervorgängen, die unter Atmosphärendruck, etwa 101325 Pa, erfolgen, der Bindungseffekt durch das Beimischen von Metallpartikel, vor allem solchen, die mit der organischen Verbindung b) beschichtet sind, positiv verstärkt werden kann. Daher ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt, in der die Mischung 10 bis 30 Gew.-% Metallpartikel, insbesondere
10 Silberpartikel, die mit der organischen Verbindung b) bevorzugt beschichtet sind, aufweist und bei der das Erhitzen, vorzugsweise Sintern, des Aufbaus bei einem Prozessdruck im Bereich von 0 MPa bis 3 MPa, vorzugsweise im Bereich von 1 MPa bis 2,5 MPa, erfolgt. Die Menge an Metallpartikel bezieht sich auf das Gesamtgewicht der Mischung.

- Es wurde überraschend gefunden, dass das erfindungsgemäße Verfahren besonders für das
15 Verbinden von Oberflächen geeignet ist, bei dem wenigstens eine Oberfläche ein unedles Metall, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium und Nickel, aufweist. Daher ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt, bei der wenigstens eine der Kontaktflächen, also entweder die erste Oberfläche und/oder die zweite Oberfläche, ein unedles Metall, insbesondere Kupfer oder Aluminium oder Nickel ist und wobei
20 die erfindungsgemäße Mischung ein Gewichtsverhältnis von Metallpartikeln zu Metalloxidpartikeln 0 bis 6:1, vorzugsweise 1:8 bis 4:1 aufweist.

- Alternativ bevorzugt ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die beiden Kontaktflächen, also die erste und die zweite Oberfläche, Edelmetalle, insbesondere Edelmetalle ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Silber, Gold, Palladium und Platin, sind
25 und die erfindungsgemäße Mischung ein Gewichtsverhältnis von Metallpartikeln zu Metalloxidpartikeln 1:8 bis 4:1, vorzugsweise 1:4 bis 2:1 aufweist..

In einer speziellen Ausführungsform ist die erste und/oder die zweite Oberfläche eine Silberoberfläche und die erfindungsgemäße Mischung weist ein Gewichtsverhältnis von Silberpartikel zu Silberoxidpartikel von 1:7 bis 5:3 auf.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Modul umfassend

- i) ein elektronisches Bauteil mit einer ersten Oberfläche
 - ii) ein Substrat mit wenigstens einer zweiten Oberfläche und
 - iii) eine Mischung gemäß der vorliegenden Erfindung, die mit der ersten Oberfläche und der
- 5 zweiten Oberfläche in direktem Kontakt steht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Mischung gesintert.

Weiterhin bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der wenigstens eine der Oberflächen ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Silber, Gold, Nickel und Aluminium.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der wenigstens eine der Oberflächen ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Nickel und Aluminium.

10

Ebenfalls bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der wenigstens eine der Oberflächen ganz oder teilweise mit einer kohlenstoffhaltigen Verbindung bedeckt ist, wobei die kohlenstoffhaltige Verbindung als Bestandteil der Oberfläche anzusehen ist und folglich mit der erfindungsgemäßen Mischung in Kontakt tritt. Bei der kohlenstoffhaltigen Verbindung kann es sich beispielsweise um eine Beschichtung der Oberfläche mit beispielsweise einem Polymer handeln. Weiterhin kann die kohlenstoffhaltige Verbindung aus Verunreinigungen, die sich prozessbedingt auf der Oberfläche angelagert haben, resultieren.

15

Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst das Modul ein Substrat sowie ein oder mehrere Bauteile. Bevorzugt werden als Bauelemente Teile bezeichnet, die in der Hochleistungselektronik verwendet werden. Vorzugsweise umfasst das Modul elektronische und/oder passive Bauelemente.

20

Bei den Bauelementen kann es sich beispielsweise um Dioden, LEDs (light emitting diodes, lichtemittierende Dioden), DCB (direct copper bonded)-Substrate, Leadframes, Dies, IGBTs (insulated-gate bipolar transistors, Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode), ICs (integrated circuits, integrierte Schaltungen), Sensoren, Kühlkörper (vorzugsweise Aluminium-Kühlkörper oder Kupfer-Kühlkörper) oder andere passive Bauelemente (zum Beispiel Widerstände, Kondensatoren oder Spulen) handeln. Vorzugsweise kann es sich bei den Bauelementen auch um nichtmetallische Bauelemente handeln.

25

Die zu verbindenden Bauelementen können gleichartige oder verschiedenartige Bauelemente sein.

Unter bevorzugten Ausführungsformen betrifft die Erfindung die Verbindung von LED mit Leadframe, von LED mit keramischem Substrat, von Dies, Dioden, IGBTs oder ICs mit

- 5 Leadframes, keramischen Substraten oder DCB-Substraten, von Sensor mit Leadframe oder keramischem Substrat, von DCB oder keramischem Substrat mit Kupfer oder Aluminiumkühlkörper, von Leadframe mit Kühlkörper oder von Tantalkondensatoren, vorzugsweise in ungehäustem Zustand, mit Leadframe.

Ebenfalls bevorzugt können mehr als zwei Bauelemente miteinander verbunden werden.

- 10 Beispielsweise können (i) LED oder Chip mit (ii) Leadframe und (iii) Kühlkörper verbunden werden, wobei sich der Leadframe vorzugsweise zwischen (i) LED oder Chip und (iii) Kühlkörper befindet. Ebenso kann eine Diode mit zwei Kühlkörpern verbunden werden, wobei sich die Diode vorzugsweise zwischen zwei Kühlkörpern befindet.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Mischung, wobei die Metalloxidpartikel und gegebenenfalls die

15 Metallpartikel mit der organischen Verbindung b) vermischt werden.

Das Vermischen erfolgt bevorzugt derart, dass eine möglichst vollständige Beschichtung der Metalloxidpartikel und gegebenenfalls der Metallpartikel mit der organischen Verbindung b) erfolgt. Vorzugsweise kann das Vermischen der Metalloxidpartikel und gegebenenfalls der

- 20 Metallpartikel mit der organischen Verbindung b) dadurch erfolgen, dass die organische Verbindung b) in Lösungsmitteln aufgeschlämmt wird und in Zerkleinerungsvorrichtungen, insbesondere Perlmühlen, mit den Metalloxidpartikeln und gegebenenfalls den Metallpartikeln vermahlen wird. Anschließend können in einem weiteren Schritt die beschichteten Metalloxidpartikel und gegebenenfalls die beschichteten Metallpartikel getrocknet und
- 25 gegebenenfalls entstaubt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Vermischen mittels jet-milling. Dabei werden die Metalloxidpartikel, gegebenenfalls die Metallpartikel und die organische Verbindung b) mittels Düsen aufeinander geschossen. Durch den Aufprall werden eventuelle Agglomerate aufgebrochen und eine besonders vorteilhafte Beschichtung der Metalloxidpartikel und

- 30 gegebenenfalls der Metallpartikel erreicht.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Mischung kann in für den Fachmann geläufigen Mischaggregaten und Rührwerken erfolgen. In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens werden die Metalloxidpartikel und gegebenenfalls die Metallpartikel in einem ersten Schritt mit der organischen Verbindung b) beschichtet.

- 5 In einem nachfolgenden Schritt werden die beschichteten Partikel gegebenenfalls mit einem Dispergiermittel c) vermischt unter Ausbildung einer sinterbaren Paste.

In einer alternativen Ausführungsform können auch die Metalloxidpartikel und gegebenenfalls die Metallpartikel mit einem Dispergiermittel c) dispergiert werden und anschließend die organische Verbindung b) hinzugefügt werden.

- 10 Die vorliegende Erfindung wird anhand der nachfolgenden Beispiele näher erläutert, wobei die Beispiele jedoch nicht als Einschränkung des Erfindungsgedanken zu verstehen sind.

Beispiele

Herstellung der Mischungen

- 15 Zunächst wurden die erfindungsgemäßen Mischungen gemäß der in Tabelle 1 angegebenen Mengenverhältnisse durch Vermischen der Bestandteile hergestellt.

Die eingesetzten beschichteten Silberoxidpartikel wiesen eine Beschichtungsmenge von 0,8 Gew.-% auf, bezogen auf das Gesamtgewicht der beschichteten Silberoxidpartikel.

- 20 Als Beschichtung wurde eine Mischung aus Stearinsäure und Laurinsäure in einem Massenverhältnis von 75 zu 25 (Stearinsäure : Laurinsäure) verwendet.

Als Metalloxidpartikel wurden Silberoxidpartikel verwendet, die eine Primärpartikelgröße von 1 µm aufwiesen, bestimmt mittels Rasterelektronenmikroskopie.

Als Dispergiermittel kam α-Terpineol zum Einsatz.

Tabelle 1:

	Beispiel 1	Beispiel 2	Vergleich
α -Terpinenol	15,72	20,466	17,447
Ethylcellulose N100	0,56	0,776	0,516
Silberoxid beschichtet ¹	83,72	-	-
Silberoxid beschichtet ²	-	78,758	-
Silberoxid unbeschichtet ³	-	-	82,037
Summe	100	100	100

¹ Die Beschichtung erfolgte mittels jet milling. Die Agglomerate der beschichteten Silberoxidpartikel wiesen eine durchschnittliche Größe von 3 μm auf, bestimmt mittels lichtmikroskopischer Verfahren.

² Die Beschichtung der Silberoxidpartikel erfolgte durch Aufschlämmen der Partikel in einer alkoholischen Lösung der oben genannten Fettsäuremischung und anschließendem Trocknen der Partikel. Die Agglomerate der beschichteten Partikel wiesen eine durchschnittliche Größe von 20 μm auf, bestimmt mittels lichtmikroskopischer Verfahren.

³ Die Agglomerate wiesen eine durchschnittliche Größe von 30 μm auf, bestimmt mittels lichtmikroskopischer Verfahren.

Das Aufbringen der Mischung auf die jeweilige Oberfläche erfolgte mittels Schablonendruck. Als Schablone wurde eine Edelstahlschablone verwendet. Der Rakelwinkel betrug 60° und die Druckgeschwindigkeit lag bei 50 mm/s. Als Oberflächen wurden Silber-DCBs und Kupfer-DCBs verwendet.

Das Sintern erfolgte entweder unter Druck oder druckfrei.

a) Drucksintern

Das Drucksintern erfolgte durch Auftragen der Mischung auf die Oberfläche eines DCB-Substrates. Anschließend wurde die erfindungsgemäße Mischung mit einem Bauteil, welches
5 eine Silberoberfläche oder eine Kupferoberfläche aufweist, in Kontakt gebracht und bei 10 MPa bei 230 °C 3 Minuten versintert.

b) Druckfreies Sintern (ohne zusätzlichen Prozessdruck)

Das druckfreie Sintern erfolgte durch Auftragen der Mischung auf die Oberfläche eines DCB-Substrates. Anschließend wurde die Mischung mit einem Bauteil, welches eine Silberoberfläche
10 oder eine Kupferoberfläche aufwies, in Kontakt gebracht.

Das druckfreie Sintern erfolgte nach folgendem Aufwärmprofil:

Innerhalb von 30 Minuten wird die Kontaktstelle kontinuierlich auf 165 °C erwärmt und für 20 Minuten bei 165 °C gehalten. Anschließend wird innerhalb von 5 Minuten die Temperatur kontinuierlich auf 230 °C erhöht und 60 Minuten dort gehalten. Dann wird innerhalb von 50
15 Minuten kontinuierlich auf 30 °C abgekühlt.

Desweiteren wurden Mischungen hergestellt, die neben beschichteten Silberoxidpartikeln beschichtete Silberpartikel enthielten. Dabei waren die Silberpartikel analog der Silberoxidpartikel mit einer Mischung aus 75% Stearinsäure und 25% Laurinsäure beschichtet. Wie auch bei den Silberoxidpartikeln betrug die Beschichtungsmenge 0,8 Gew.-% bezogen auf
20 das Gewicht der beschichteten Silberpartikel. Es wurden zwei Sorten von Silberpartikel verwendet, die einen unterschiedlichen D50-Wert aufwiesen. Die einen Partikel wiesen einen D50-Wert von 4 µm auf, während der D50-Wert der anderen Partikel bei 5,4 µm lag, wobei die Bestimmung des D50-Wertes mittels Laserbeugung gemäß DIN ISO 13320 erfolgte. Die Partikel lagen jeweils in Form von Flakes vor. Die Herstellung der Mischung erfolgte analog des
25 oben beschriebenen Prozesses. Die Zusammensetzung ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Angaben in Tabelle 2 erfolgen als Gewichtsangaben.

Tabelle 2:

	Beispiel 1	Beispiel 3	Beispiel 4	Beispiel 5	Beispiel 6	Beispiel 7	Beispiel 8	Beispiel 9	Vgl. Beispiel 10
Anteil Silberpartikel	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	76%
α -Terpineol	15,72	15,72	15,72	15,72	15,72	15,72	15,72	15,72	11,35
Ethylcellulose N100	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,35
Silberoxid beschichtet*	83,72	73,72	63,72	53,72	43,72	33,72	23,72	13,72	12,3
Silberpartikel** D50 = 4,0 μ m	-	5	10	15	20	25	30	35	38
Silberpartikel** D50 = 5,4 μ m	-	5	10	15	20	25	30	35	38
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* Die Beschichtung erfolgte mittels jet milling. Die Beschichtungsmenge betrug 0,8 Gew.-% bezogen auf das Gewicht des beschichteten Silberoxids (Beschichtungsmittel: Stearinsäure:Laurinsäure in einem Gewichtsverhältnis von 75:25).

- 5 ** Die Silberpartikel sind mit einer Beschichtungsmenge von 0,8 Gew.-% einer Mischung aus Stearinsäure und Laurinsäure (Gewichtsverhältnis Stearinsäure zu Laurinsäure 75:25) beschichtet.

Die Mischung wurde auf eine Metalloberfläche aufgetragen und versintert. Als Metalloberflächen wurden Silberoberflächen und Kupferoberflächen verwendet. Nach dem Sintern wurde die Haftung über die Scherfestigkeit bestimmt. Dabei wurden die Bauteile mit einem Schermeisel bei einer Geschwindigkeit von 0,3 mm/s bei 20 °C abgeschert. Die Kraft wurde mittels einer Kraftmessdose aufgenommen (Gerät DAGE 2000, der Firma DAGE, Deutschland).

Figur 1 zeigt die Ergebnisse der Schertests, bei denen die in Tabelle 1 angegebenen Mischungen vermessen wurden. Das Sintern erfolgte unter Druck gemäß den oben angegebenen Bedingungen. Als Metalloberfläche wurden Silberoberflächen mit Abmessungen von 2x2 mm und 4x4 mm verwendet, die mit Hilfe der erfindungsgemäßen Mischung auf die Oberfläche eines DCB-Substrates aufgebracht wurden. Wie der Figur zu entnehmen ist, weisen die Proben, bei denen die Silberoxidpartikel mittels jet milling mit der Mischung aus Stearinsäure und Laurinsäure beschichtet wurden, die beste Haftung auf (Beispiel 1). Silberoxidpartikel, deren Beschichtung durch Aufschlämmen der Partikel in einer alkoholischen Lösung der Fettsäuren und anschließendem Trocknen der Partikel erfolgte (Beispiel 2) weisen eine etwas verminderte Haftung auf, die aber immer noch höher als der Vergleich ist, bei dem unbeschichtete Silberoxidpartikel verwendet wurden (Vergleich).

Figur 2 zeigt die Ergebnisse des Schertests der in Tabelle 1 angegebenen Mischungen, mit deren Hilfe eine Silberoberfläche der Abmessung 2x2 mm sowie eine Silberoberfläche mit einer Abmessung von 4x4 mm mit der Oberfläche eines DCB-Substrates unter druckfreiem Sintern verbunden wurden. Das druckfreie Sintern erfolgte gemäß dem oben beschriebenen Profil. Auch hier weist die erfindungsgemäße Mischung, bei der die Silberoxidpartikel mittels jet milling mit der organischen Verbindung b) beschichtet wurden, die beste Haftung auf (Beispiel 1). Etwas weniger gut, aber immer noch besser als die unbeschichteten Silberoxidpartikel, sind diejenigen, die nicht mittels jet milling beschichtet wurden (Beispiel 2).

Figur 3 gibt die Ergebnisse der Schertests wieder, bei denen der erfindungsgemäßen Mischung (Beispiel 1) verschiedene Mengen an unbeschichteten Silberoxidpartikeln (Vergleich) zugesetzt wurde. Die Angaben der Verhältnisse von beschichteten Silberoxidpartikeln zu unbeschichteten Silberoxidpartikeln erfolgen als Gewichtsverhältnisse. Die Mischungen wurden als Verbindung zwischen Silberoberflächen mit Abmessungen von 2x2 mm und 4x4 mm und der Oberfläche eines DCB-Substrates eingesetzt, wobei das Sintern druckfrei erfolgte. Wie der Figur zu entnehmen ist, sinkt die Haftung der Mischung mit zunehmendem Anteil an unbeschichteten Silberoxidpartikeln.

In Figur 4 sind die Testergebnisse der Schertests dargestellt, bei denen der erfindungsgemäßen Mischung (Beispiel 1) eine zunehmende Menge an unbeschichteten Silberoxidpartikel (Vergleich) zugemischt wurde. Die Angaben der Verhältnisse von beschichteten Silberoxidpartikeln zu unbeschichteten Silberoxidpartikeln erfolgen als Gewichtsverhältnisse. Die Mischung wurde zum Verbinden einer Kupferoberfläche der Abmessung 4x4 mit der Oberfläche eines DCB-Substrates verwendet. Das Sintern erfolgte druckfrei. Auch hier weist die erfindungsgemäße Mischung die beste Haftung auf der Oberfläche auf. Es wurde überraschend gefunden, dass sich mit Hilfe der beschichteten Silberoxidpartikel ein sehr guter Bindungseffekt erzielen lässt, obwohl hier die Gefahr einer starken Oxidation der Kupferoberfläche zu erwarten gewesen wäre.

Figur 5a zeigt die Ergebnisse der Schertests der in Tabelle 2 wiedergegebenen Mischungen (Beispiele 3 bis 7, Beispiel 9 und Vgl.-Beispiel 10). Dabei wurden Mischungen verwendet, die verschiedene Verhältnisse von beschichteten Silberoxidpartikeln zu beschichteten Silberpartikeln aufwiesen. Die Angaben der Verhältnisse von beschichteten Silberoxidpartikeln zu beschichteten Silberpartikeln erfolgen als Gewichtsverhältnisse. Sowohl die Silberoxidpartikel als auch die Silberpartikel sind mit einer Mischung aus Stearinsäure und Laurinsäure in einem Massenverhältnis von 75 zu 25 beschichtet (0,8 Gew.-% bezogen auf beschichtete Partikel). Das Sintern erfolgte druckfrei. Die Mischungen wurden als Verbindungen zwischen einer Silberoberfläche der Abmessung 2x2 mm und der Oberfläche eines DCB-Substrates verwendet. Wie der Figur 5a zu entnehmen ist, ist der Bindungseffekt beim druckfreien Sintern am größten, wenn den beschichteten Silberoxidpartikeln bis zu 50 Gew.-% an beschichteten Silberpartikeln zugesetzt werden. Steigt der Anteil der beschichteten Silberpartikel weiter an, nimmt die Haftung wieder ab (Vgl.-Beispiel 10).

Figur 5b zeigt die Ergebnisse der Schertests der in Tabelle 2 angegebenen Mischungen (Beispiel 1, Beispiele 4 bis 7, Beispiel 9 und Vgl.-Beispiel 10), wobei die Mischung als Verbindung zwischen einer Kupferoberfläche der Abmessungen 2x2 mm und einer DCB-Oberfläche verwendet. Die Angaben der Verhältnisse von beschichteten Silberoxidpartikeln zu beschichteten Silberpartikeln erfolgen als Gewichtsverhältnisse. Sowohl die Silberoxidpartikel als auch die Silberpartikel sind mit einer Mischung aus Stearinsäure und Laurinsäure in einem Massenverhältnis von 75 zu 25 beschichtet (0,8 Gew.-% bezogen auf beschichtete Partikel). Das Sintern erfolgte druckfrei. Wie der Figur zu entnehmen ist, lässt sich durch die Zugabe von beschichteten Silberpartikeln zu der erfindungsgemäßen Mischung eine Verbesserung der Anhaftung auf einer Kupferoberfläche bei druckfreiem Sintern erzielen. Überschreitet der Anteil an beschichteten Silberpartikeln jedoch einen bestimmten Wert, nimmt die Anbindung wieder

ab. Unter Verwendung der in Vergleichsbeispiel 10 angegebenen Mischung, bei der der Anteil an beschichteten Silberpartikeln bei 76% der Mischung lag, kam es zu keiner zufriedenstellenden Anhaftung.

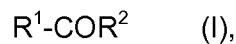
Figur 6 zeigt Aufnahmen einer Oberfläche der mit der organischen Verbindung b) beschichteten Silberoxidpartikel (Figur 6a und 6b) im Vergleich zu nicht beschichteten Silberoxidpartikel (Figur 6c und 6d). Dabei ist deutlich die verminderte Agglomerisationsneigung der mit der Verbindung b) beschichteten Silberoxidpartikel zu erkennen. Die Aufnahmen in den Figuren 6a und 6c wurden mit Hilfe eines Lichtmikroskopes erstellt, die die Aufnahmen in den Figuren 6b und 6d mit einem Rasterelektronenmikroskop aufgenommen. Die Auflösung der lichtmikroskopischen Aufnahmen liegt bei 1:500, die der Rasterelektronenmikroskopaufnahmen bei 1:1000.

Patentansprüche

1. Mischung enthaltend

a) Metalloxidpartikel und gegebenenfalls Metallpartikel, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis von Metallpartikel zu Metalloxidpartikel höchstens 6 zu 1 ist und

5 b) eine organische Verbindung, die durch die Formel I dargestellt ist:



wobei R^1 ein aliphatischer Rest mit 8 bis 32 Kohlenstoffatomen ist und R^2 entweder $-OM$ ist oder die Struktur $-X-R^3$ aufweist, wobei X ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus O, S, N- R^4 , wobei R^4 ein Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest, R^3 ein

10 Wasserstoffatom oder ein aliphatischer Rest ist und M ein Kation ist.

2. Mischung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Metalloxidpartikel ganz oder teilweise mit der organischen Verbindung b) beschichtet sind.

3. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Verbindung b) eine C_8 - C_{30} -Fettsäure, bevorzugt eine C_8 - C_{24} -Fettsäure, weiter bevorzugt eine C_{12} - C_{18} -Fettsäure oder ein Derivat hiervon ist.

15

4. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die durchschnittliche Primärpartikelgröße der mit der organischen Verbindung b) beschichteten Metalloxidpartikel zwischen 0,1 bis 3,0 μm , vorzugsweise 0,3 bis 2,5 μm liegt.

20 5. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der Metallpartikel kleiner als 30 Gew.-%, vorzugsweise kleiner als 10 Gew.-%, besonders bevorzugt kleiner als 2 Gew.-%, speziell zwischen 0,01 Gew.-% und 2,0 Gew.-%, ist, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.

25 6. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Metalloxidpartikel ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Kupferoxid, Silberoxid und Palladiumoxid.

7. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallpartikel ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Silber und

Palladium, wobei bevorzugt Silber mit Silberoxid oder Kupfer mit Kupferoxid oder Palladium mit Palladiumoxid vorliegt.

8. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung eine Paste ist, die zusätzlich ein Dispergiermittel c) umfasst.
- 5 9. Mischung gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Dispergiermittel c) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus alpha-Terpineol, beta-Terpineol, gamma-Terpineol, delta-Terpineol, Mischungen der vorstehend genannten Terpeneole, N-Methyl-2-pyrrolidon, Ethylenglycol, Dimethylacetamid, 1-Tridecanol, 2-Tridecanol, 3-Tridecanol, 4-Tridecanol, 5-Tridecanol, 6-Tridecanol, Isotridecanol, dibasische Ester, vorzugsweise
10 Dimethylester der Glutar-, Adipin- oder Bernsteinsäure oder Mischungen davon, Glycerin, Diethylenglycol, Triethylenglycol oder Mischungen hiervon.
- 10 10. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Glas weniger als 2 Gew.-%, bevorzugt weniger als 0,5 Gew.-%, insbesondere 0,0 bis 0,3 Gew.-%, beträgt, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der
15 Mischung.
11. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Metalloxid Silberoxid ist.
12. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung Silberoxid in einer Menge von 60 bis 95 Gew.-%, bevorzugt 70 bis 90
20 Gew.-%, aufweist, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung.
13. Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung ein Polymer, welches Sauerstoffatome aufweist, umfasst.
14. Verfahren zum Verbinden eines Bauelementes mit einer ersten Oberfläche auf einem Substrat mit wenigstens einer zweiten Oberfläche, umfassend die Schritte:
25 a) Kontaktieren des Bauelements über die erste Oberfläche mit dem Substrat über wenigstens eine zweite Oberfläche mit einer Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 13, wobei sich die Mischung zwischen der ersten Oberfläche des Bauelements und der zweiten Oberfläche des Substrats befindet, unter Erhalt eines Aufbaus und

b) Erhitzen des Aufbaus.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Oberflächen wenigstens ein Metall enthält, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Nickel, Gold, Aluminium und Silber.
- 5 16. Verfahren gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des wenigstens einen Metalls in dem Volumen, das gebildet wird durch das Produkt der wenigstens einer Oberfläche und einer Tiefe von 1 µm mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 90 Gew.-%, insbesondere 100 Gew.-%, beträgt, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Metalle in dem Volumen.
- 10 17. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Oberfläche ein oder mehrere Metalle aufweist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Nickel und Aluminium.
18. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Oberfläche ganz oder teilweise mit einer kohlenstoffhaltigen
15 Verbindung bedeckt ist.
19. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die kohlenstoffhaltige Verbindung ein Polymer ist.
20. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 14 bis 19 dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung 60 bis 95 Gew.-% Metalloxidpartikel, insbesondere Silberoxidpartikel,
20 die mit der organischen Verbindung b) bevorzugt beschichtet sind, aufweist und bei dem das Erhitzen, vorzugsweise Sintern, des Aufbaus bei einem Prozessdruck von 5 bis 20 MPa, vorzugsweise 7 bis 15 MPa, erfolgt.
21. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 14 bis 19 dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung 10 bis 30 Gew.-% Metallpartikel, insbesondere Silberpartikel, die mit der
25 organischen Verbindung b) bevorzugt beschichtet sind, aufweist und bei dem das Erhitzen, vorzugsweise Sintern, des Aufbaus bei einem Prozessdruck von 0 bis 3 MPa, vorzugsweise 1 MPa bis 2,5 MPa, erfolgt.

22. Modul umfassend

- i) ein elektronisches Bauelement mit einer ersten Oberfläche,
- ii) ein Substrat mit wenigstens einer zweiten Oberfläche und
- iii) eine Mischung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 13, die mit der ersten Oberfläche und der zweiten Oberfläche in direktem Kontakt steht.

23. Modul gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung gesintert ist.

24. Modul gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 20 und 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Oberfläche ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Silber, Gold, Nickel und Aluminium.

25. Modul gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Oberfläche ganz oder teilweise mit einer kohlenstoffhaltigen Verbindung bedeckt ist.

26. Verfahren zur Herstellung der Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Metalloxidpartikel und gegebenenfalls die Metallpartikel mit der organischen Verbindung b) vermischt werden.